

Überprüfung der Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge

**Daniel HERBST^{1*}, Robert SCHÜRHubER*, Ernst SCHMAUTZER*,
Martin FÜRNSCHUSS*, Christian AUER****

* Technische Universität Graz – Institut für Elektrische Anlagen und Netze,
Inffeldgasse 18/I, 8010 Graz, +43 316 873-DW.,
DW 7569, daniel.herbst@tugraz.at, iean.tugraz.at
DW 7550, robert.schuerhuber@tugraz.at, iean.tugraz.at
DW 7555, schmautzer@tugraz.at, iean.tugraz.at
DW 8055, martin.fuernschuss@tugraz.at, iean.tugraz.at

** Kristl, Seibt & Co. Gesellschaft m.b.H., Bayernstraße 122a, 8052 Graz,
+43 316 5995 1817, christian.auer@ksengineers.at, www.ksengineers.at

Kurzfassung:

Aufgrund des Zuwachses an Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr und der damit verbundenen Ertüchtigung der Ladeinfrastruktur rücken Themen rund um die Prüfung sowie die Personensicherheit von Ladestationen immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Derzeit sind jedoch Fragen bezüglich sicherer Errichtung, Überprüfung sowie Betrieb solcher Ladestationen noch offen. Der vorliegende Beitrag fokussiert sich auf die Erst- und wiederkehrende Prüfung von Gleichstromladestationen hinsichtlich Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag. Zu Beginn der Arbeit wird ein Überblick der gesetzlichen Vorschriften sowie technischen Normen und Standards für Ladestationen angegeben. Des Weiteren werden unterschiedliche DC-Ladevorgänge (von Ladestationen verschiedener Hersteller im Normalbetrieb und im Fehlerfall) gemessen und analysiert. Es zeigt sich, dass DC-Ladestationen verschiedener Hersteller in Bezug auf deren Abschaltverhalten oder deren Ausschaltzeiten ganz unterschiedlich auf verschiedene Fehlerszenarien reagieren.

Keywords: Elektrofahrzeug, DC-Ladestation, Schutz gegen elektrischen Schlag, Schutzmaßnahmen, Erst- und wiederkehrende Prüfung

1 Einleitung

Mit der stetig wachsenden Zahl an zugelassenen Elektrofahrzeugen (EV, engl. electric vehicle) steigt auch die Anzahl an installierten Ladestationen für Elektrofahrzeuge (EVCS, engl. electric vehicle charging station) an. Aus heutiger Sicht besteht eine leistungsfähige Ladeinfrastruktur aus einem Mix aus Wechselstrom(AC)-Ladestationen mit niedrigen Ladeleistungen und damit zur langsamen Ladung eines Elektrofahrzeuges sowie aus Gleichstrom(DC)-Ladestationen zur leistungsstarken und damit schnellen Ladung. Hinsichtlich DC-Ladestationen ist jedoch noch eine Vielzahl an Fragen in Bezug auf Planung, Errichtung, Betrieb und vor allem Prüfung offen.

¹ Jungautor

Dieser Beitrag soll den Leser einerseits für das Thema elektrotechnische Schutzmaßnahmen im Hinblick auf DC-Ladestationen sensibilisieren, andererseits einen Überblick der aktuellen gesetzlichen sowie normativen Rahmenbedingungen liefern sowie mögliche Fehlerszenarien und einen Ansatz für verschiedene Verfahren zur entsprechenden Erst- und wiederkehrenden Prüfung aufzeigen. (vgl. [1])

2 Methodik

2.1 Vorschriften und Normen

Die folgende Auflistung nationaler bzw. internationaler Normen und Vorschriften soll einen groben Überblick über die Vielzahl anzuwendender normativer Dokumente im Bereich von Ladestationen und Ladeverfahren für Elektrofahrzeuge vermitteln. Diese unvollständige Liste wird von grundsätzlichen legislativen Regelungen und verbindlichen Bestimmungen auf dem Gebiet der Elektrotechnik angeführt. Des Weiteren werden Normen betreffend die Errichtung Ladestationen versorgender elektrischer Anlagen aber auch spezifische Normen zu Ladesteckverbindern und -prozessen aufgelistet.

- Elektrotechnikgesetz 1992 (ETG 1992) idF BGBl. I Nr. 27/2017
- Elektroschutzverordnung 2012 (ESV 2012) StF BGBl. II Nr. 33/2012
- Elektrotechnikverordnung 2002 (ETV 2002) idF BGBl. II Nr. 229/2014
- ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000-03-01 inkl. Änderungen A1 ...A4 – Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis ~ 1000 V und = 1500 V – Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutzmaßnahmen) (verbindlich)
- ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01 – Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V – Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutzmaßnahmen) (konsolidierte Version, nicht verbindlich)
- ÖVE E 8101:2019-01-01 – Elektrische Niederspannungsanlagen (Ersatz für ÖVE/ÖNORM E 8001 Serie, nicht verbindlich)
- ÖVE/ÖNORM EN / ÖVE EN / IEC 61439-Reihe – Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen
- ÖVE/ÖNORM EN / ÖVE EN / IEC 62196-Reihe – Ladesteckverbinder
- ÖVE/ÖNORM EN / ÖVE EN / IEC 61851-Reihe – Ladevorgänge/Ladeprozesse
- IEC 62893-Reihe – Ladeleitungen
- DIN VDE V 0122-2-300:2016-04 – Spezifikation zur Konformitätsprüfung zu IEC 61851-23, Anhang CC, [2]

Diese nationalen und internationalen Vorschriften behandeln im Wesentlichen die Errichtung sowie die Installation von Gleichstromladestationen sowie die Grundzüge eines entsprechenden Ladevorgangs. Derzeit fehlt es jedoch noch an Normen für die Erst- und wiederkehrende Prüfung solcher Ladestationen. (vgl. [1] und [3])

2.2 Fehlerfälle

Um im Zuge einer Prüfung realitätsgetreue Fehlerszenarien nachbilden zu können müssen denkbare Fehlerfälle benannt und definiert werden. Im Wesentlichen kann man hierbei zwischen einer Gleichstromladestation (DC-EVCS) und einem Elektrofahrzeug drei grundsätzliche Arten von Fehlern unterscheiden: Leitungsunterbrechungen, Kurz- oder Erdschluss sowie Störlichtbögen.

Zur Veranschaulichung soll Abbildung 1 beitragen in der man folgende Fehlerfälle erkennen kann:

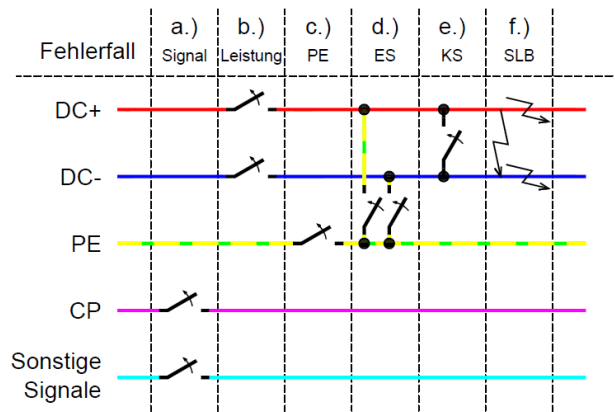


Abbildung 1: Übersicht möglicher Fehlerfälle (Unterbrechung der Signal- bzw. Leistungsleiter sowie des PE-Leiters, Erd- bzw. Kurzschluss und Störlichtbögen), vgl. [1] und [2]

- a.) Unterbrechung sämtlicher Kommunikations- bzw. Signalleiter (z.B. CP...Control Pilot)
- b.) Unterbrechung der DC-Leistungsleitungen (DC+ bzw. DC-)
- c.) Unterbrechung des Schutzerdungsleiters (PE)
- d.) Erdschluss zwischen den Leitern DC+ bzw. DC- und PE
- e.) Kurzschluss zwischen den Leistungsleitern DC+ und DC-
- f.) Längs- bzw. Quer-Störlichtbögen in den Leistungsleitern

2.3 Versuche und Messungen

Das folgende Kapitel beschreibt die durchgeführten Messungen und Versuche samt der dafür benötigten, eigens entwickelten und konstruierten Hardware.

2.3.1 DC-Ladestation mit Elektrofahrzeug

Mit Hilfe der folgenden Versuchsanordnung können fehlerfreie aber auch fehlerbehaftete Gleichstromladevorgänge von Elektrofahrzeugen hinsichtlich auftretender Ströme und Spannungen vermessen werden.

2.3.1.1 Versuchsanordnung

Der in Abbildung 2 dargestellte Versuchsaufbau besteht aus einer DC-Ladestation und einem Elektrofahrzeug mit zwischengeschaltetem Messverteiler (Details siehe 2.3.1.2).

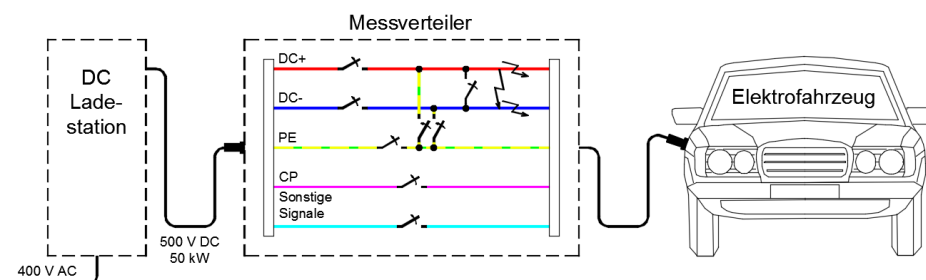


Abbildung 2: Prinzipieller Messaufbau (DC-EVCS, Messverteiler, EV)

2.3.1.2 Messverteiler

Abbildung 3 zeigt den am Institut für Elektrische Anlagen und Netze der Technischen Universität im Rahmen von [1] entwickelten und aufgebauten Messverteiler samt Zubehör. Mit dessen Hilfe können einerseits fehlerfreie Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen an Gleichstromladestationen elektrisch vermessen werden, andererseits gezielt unterschiedliche Fehlerfälle nach Kapitel 2.2 geschaltet werden.

Bei DC-Ladestationen (Anschlussfall "C" gemäß IEC 61851-1:2017-02 [4]) ist die Ladeleitung fest mit der Ladestation verbunden (siehe Abbildung 2). Zur Verbindung des Messverters mit dem Elektrofahrzeug wurden Kabelsätze für Typ2-, CCS-Combo2- (CCS, engl. Combined Charging System) und CHAdeMO-Steckverbinder (CHAdeMO...asiatischer Ladestandard) angefertigt



Abbildung 3: Messverteiler ① samt Zubehör (Fernbedienungssteuerleitung ②, Ladeleitungsgarnituren ③, Messbox ④, Fernbedienung ⑤)



Abbildung 4: Ladeleitungsgarnituren für Messverteiler (Links: Typ2; Mitte: CCS-Combo2; Rechts CHAdeMO)

notwendigen Spannungs- und Strompfade werden über Sicherheitsmessbuchsen an einer Messbox (Abbildung 3, ④) bereitgestellt. (vgl. [1])

(siehe Abbildung 4). Um die Fehlersimulationen aus entsprechend sicherer Distanz für das Bedienpersonal zu triggern ist der Messverteiler mit einer kabelgebundenen Fernbedienung (Abbildung 3, ⑤) ausgestattet. Die tatsächlichen Messungen bzw. Aufzeichnungen von Strom und Spannung werden mittels eines externen Mehrkanal-Messsystem durchgeführt, die dafür

2.3.2 Kontaktfehler (Störlichtbogen)

Einen ebenfalls in Kapitel 2.2 aufgelisteten möglichen Fehler stellt ein Störlichtbogen dar. Dieser kann aufgrund eines noch nicht gänzlich etablierten Leitungsbruches bzw. aufgrund eines Kontaktfehlers auftreten. Zur näheren Beurteilung eines solchen Fehlerszenarios galt es in erster Linie das Verhalten von Gleichstrom-Lichtbögen in Situationen wie sie in der Praxis auftreten können zu simulieren und um die unter Umständen schädlichen Auswirkungen auf die Ladestation, Leitungen, Messeinrichtung und das Bedienpersonal zu untersuchen. Der dafür notwendige Versuchsaufbau wird im Folgenden beschrieben.

2.3.2.1 Versuchsanordnung

In Abbildung 5 ist der schematische Versuchsaufbau zur Untersuchung von Gleichstrom-Lichtbögen dargestellt. Links erkennt man einen Batteriesimulator (BattSim) welcher als leistungsstarke Gleichspannungsquelle dient. In der Mitte der Abbildung ist der Kontaktfehlersimulator (KS-KFS) samt Spannungsmessungen dargestellt (Details siehe 2.3.2.2). Mitte rechts erkennt man die Strommessung mittels DC-Stromzange und Rogowski-

Spule. Rechts außen ist ein $2\text{-}\Omega$ -Leistungs-Bremswiderstand (KS-R) abgebildet welcher in Kombination mit der zuvor genannten DC-Spannungsquelle den Messstrom einstellt.

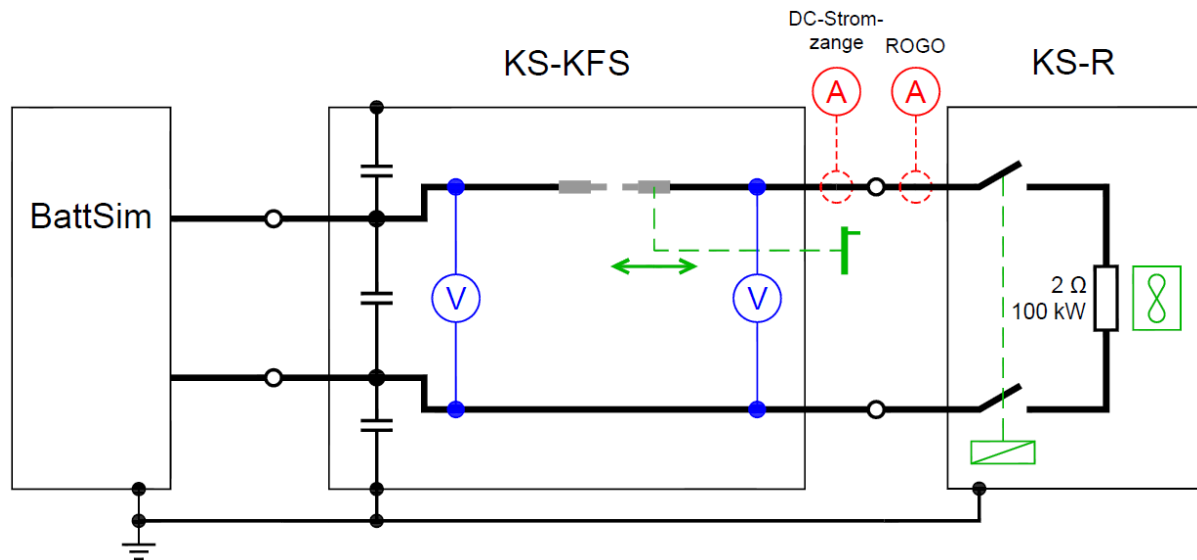


Abbildung 5: Schematischer Versuchsaufbau für DC-Lichtbogenuntersuchungen

2.3.2.2 Kontaktfehlersimulator

Der in Abbildung 5 schematisch dargestellte Kontaktfehlersimulator (KS-KFS) ist in Abbildung 6 als CAD-Ansicht sowie als Foto zu betrachten und wird im Folgenden detailliert beschrieben.



Abbildung 6: Kontaktfehlersimulator

(Links: CAD-Ansicht, freigeschnitten; Rechts: Foto samt eingespanntem Elektrodenpaar)

Die Basis des KS-KFS bildet ein Stahlblechverteilerschrank welcher mit einem isoliert aufgestützten Kupferschienensystem ausgestattet wurde. Die in Abbildung 6 (Links) dargestellte linke, etwas längere Kupferschiene ist über eine isolierende Kunststoffgewindestange von außen (auch bei geschlossener Verteilertür) justierbar. Mittels Spannbacken können auf beiden Kupferschienen unterschiedliche Elektrodenpaare montiert werden. Im Foto rechts erkennt man die (auch in Abbildung 5 eingezeichneten) Entstörkondensatoren, im vorderen Bereich links und rechts die DC-Leistungsleitungen sowie vorne in der Mitte die Spannungsabgriffe.

2.3.2.3 Elektrodenpaare

Um Kontaktfehler bei unterschiedlichen Kontaktmaterialien zu untersuchen wurden Elektrodenpaare aus den folgenden Materialien gefertigt:

- Edelstahl V4A (1.4571)
- Aluminium (AW-6060)
- Kupfer (E-Cu 2.0060)
- Baustahl (S 235)

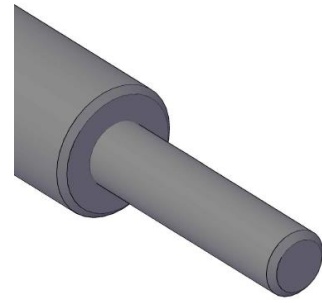


Abbildung 7: Elektrodenform (zylinderförmig, plangedreht)

Im Laufe der Vorversuche hat sich eine zylinderförmige, plangedrehte Elektrodenform etabliert um reproduzierbare Versuche zu gewährleisten, siehe Abbildung 7. Auf Kontakte von handelsüblichen DC-Ladesteckverbindern wurde in den ersten Kontaktfehlerversuchen aufgrund des Elektrodenmaterials, welches möglicherweise Beryllium enthält, verzichtet. Berylliumdämpfe und Stäube sind gesundheitsschädlich.

3 Ausgewählte Messergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden zuerst Ergebnisse der Messungen mit dem zuvor beschriebenen Messverteiler an DC-Ladestationen im fehlerfreien sowie fehlerbehafteten Betrieb beschrieben. Abschließend werden beispielhafte Ergebnisse aus den DC-Lichtbogenversuchen angegeben.

3.1 Fehlerfreier Ladebetrieb

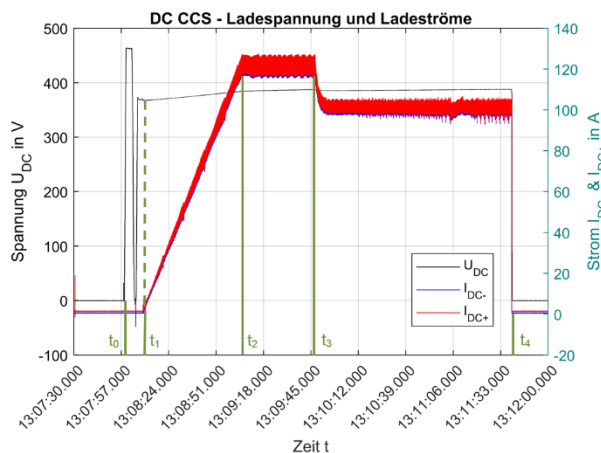


Abbildung 8: CCS Ladevorgang DC (fehlerfreier Betrieb), Ladespannung und Ladestrom, vgl. [1]

Als Beispiel für einen fehlerfreien Ladebetrieb sei in Abbildung 8 der zeitliche Verlauf der Ladespannung U_{DC} sowie des Ladestromes I_{DC+} ($= I_{DC-}$) eines CCS-Ladevorganges entsprechend Ladebetriebsart/Mode 4 gemäß IEC 61851-1:2017-02 [4] (CCS, siehe Anhang CC der ÖVE/ÖNORM EN 61851-23 Ausgabe 2014-12-01 [5]) dargestellt. Zu Beginn des Ladevorganges (t_0) ist ein Spannungssprung in Form eines Rechtecksignals bis rund 460 Vdc zu erkennen. Dieser kennzeichnet ein Handshakeverfahren zwischen der

Ladestation und dem Elektrofahrzeug sowie eine Isolationsprüfung der Ladeleitungsgarnitur. Danach wird eine Ladespannung von rund 370 Vdc freigegeben welche während der Hochregelung des Ladestromes noch weiter bis t_2 auf 390 Vdc ansteigt und bis t_4 auf diesem Wert verbleibt. Der Ladestrom wird ab t_1 rampenförmig hochgeregelt bis dieser bei t_2 einen Maximalwert von 120 Adc erreicht und bis t_3 auf diesem Niveau verbleibt. Im Anschluss wird der Ladestrom auf einen Wert von 100 Adc abgeregelt wo dieser bis zur Beendigung des Ladevorganges bei t_4 verharret. (vgl. [1])

3.2 Fehlerbehafteter Betrieb, Unterbrechung des PE-Leiters

Abbildung 9 zeigt hingegen ausschnittsweise die zeitlichen Verläufe der Ladespannung U_{DC} , des Ladestromes I_{DC+} ($= I_{DC-}$) sowie des Control-Pilot-Signals U_{CP} eines CCS-Ladevorganges entsprechend Ladebetriebsart/Mode 4 gemäß IEC 61851-1:2017-02 [4] (CCS, siehe Anhang CC der ÖVE/ÖNORM EN 61851-23:2014-12-01 [5]) bei dem mit Hilfe des in 2.3.1.2 beschriebenen Messverteilers eine Unterbrechung des PE-Leiters simuliert wurde. Links erkennt man die beginnenden Unregelmäßigkeiten im Verlauf von U_{CP} bei $t_{PE,aus}$, dies ist durch den Bezug des Signals U_{CP} auf PE zu erklären. Aufgrund dieses PE-Potential-Bezuges des Control Pilots kann $t_{PE,aus}$ mit dem Zeitpunkt der auftretenden Unterbrechung des PE-Leiters gleich gesetzt werden.

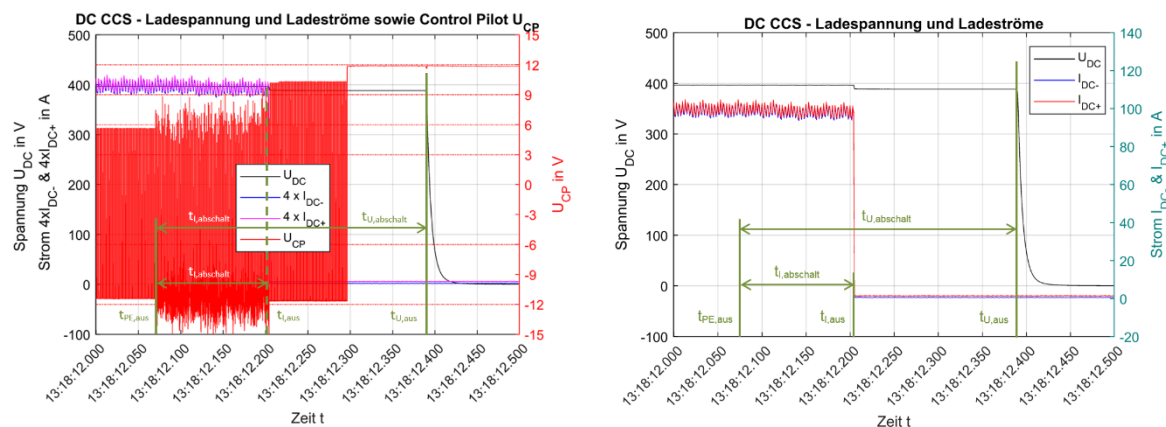


Abbildung 9: CCS Ladevorgang DC (Unterbrechung des PE-Leiters), vgl. [1].

Links: Ladespannung, Ladestrom und Control-Pilot-Signal (CP); Rechts: Ladespannung und Ladestrom;

Rechts wurde das Signal U_{CP} ausgeblendet und die Zeitpunkte des Abregelns des Stromes $t_{I,aus}$ sowie des Abregelns der Spannung $t_{U,aus}$ indiziert. Man erkennt die resultierenden Abschaltzeiten des Stromes $t_{I,abschalt} = 134$ ms sowie der Spannung $t_{U,abschalt} = 320$ ms. (vgl. [1])

Die Versuche zeigten, dass im Falle eines CHAdemo-Ladevorgangs DC-Ladestationen verschiedener Hersteller bei der Unterbrechung des PE/FG-Leiters unterschiedlich reagieren. (vgl. z.B. [1])

3.3 DC-Lichtbogenversuch – Simulation von Längsfehler (Kontaktfehlern)

Mit dem zuvor beschriebenen Kontaktfehlersimulator wurden aus verschiedenen Materialien gefertigte Elektrodenpaare untersucht. Dabei wurde der Abstand der Elektrodenanordnung sowie die speisende Spannung variiert um (zer-)störende Auswirkungen des Störlichtbogens auf die Umgebung zu untersuchen.

Beispielhaft seien im Folgenden zwei Varianten (Kupferelektroden bei Abständen von 0,8 mm bzw. 1,0 mm) näher erläutert. Dabei wurden die Elektrodenpaare einer Beanspruchungsdauer von einigen Sekunden unterzogen.

Beispiel 1 (Abbildung 10 und Abbildung 11):

Elektrodenmaterial: *Kupfer, $\varnothing = 5\text{ mm}$*
Elektrodenabstand: *0,8 mm*
Zünddraht: *ja, verzinnertes Kupfer*
Elektr. Beanspruch.: *150 Adc @ 300 Vdc*
Umgebungsbed.: Temperatur: *22,8 °C*
Rel. Luftfeuchtigkeit: *26,0 %RH*
Beobachtung: *Beide Elektroden verschweißen*



Abbildung 10: Planes Kupferelektrodenpaar,
Abstand $d = 0,8\text{ mm}$, mit Zünddraht

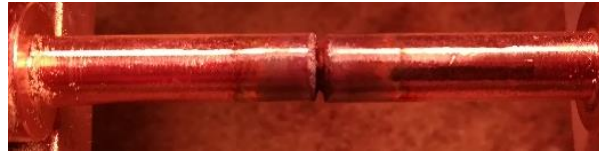


Abbildung 11: Planes Kupferelektrodenpaar
nach einer Beanspruchung mit 300 Vdc/ 150 Adc,
Abstand $d = 0,8\text{ mm}$, verschweißt

Beispiel 2 (Abbildung 12 und Abbildung 13):

Elektrodenmaterial: *Kupfer, $\varnothing = 5\text{ mm}$*
Elektrodenabstand: *1,0 mm*
Zünddraht: *ja, verzinnertes Kupfer*
Elektr. Beanspruch.: *150 Adc @ 300 Vdc*
Umgebungsbed.: Temperatur: *22,8 °C*
Rel. Luftfeuchtigkeit: *26,0 %RH*
Beobachtung: *Beide Elektroden sind abgebrannt*



Abbildung 12: Planes Kupferelektrodenpaar,
Abstand $d = 1,0\text{ mm}$, mit Zünddraht

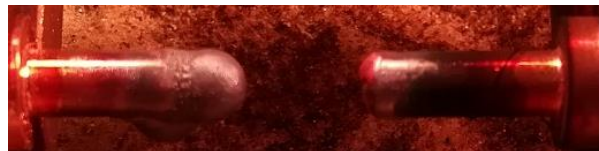


Abbildung 13: Planes Kupferelektrodenpaar nach
einer Beanspruchung mit 300 Vdc/ 150 Adc,
Abstand $d = 1,0\text{ mm}$, beide Elektroden abgebrannt

4 Schlussfolgerung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wird einleitend ein Überblick der anzuwendenden Vorschriften und technischen Normen sowie Regelwerke angegeben. Darüber hinaus werden Messungen von Ladevorgängen sowie Fehlersimulationen an DC-Ladestationen unterschiedlicher Hersteller beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse analysiert und mit den Erkenntnissen aus der Normenstudie verglichen.

Diese Evaluierung zeigt, dass die untersuchten DC-Ladestationen

- nicht in allen Simulationsszenarien den Herstellungs- bzw. Sicherheitsvorschriften entsprechen, d.h. z.B. bei einem CHAdeMO Ladevorgang im Falle einer Unterbrechung des PE-Leiters zwischen DC-EVCS und EV nicht abschalten;
- im Falle eines Isolationsfehlers bedingt durch Fehlerklärungszeit der Isolationsüberwachungsgeräte (IMD, engl. Insulation monitoring device) verhältnismäßig lange Abschaltzeiten aufweisen [6].

Es zeigt sich, dass in jenen DC-Lichtbogenversuchen bei denen die Elektrodenabstände gering genug waren, ein Verschweißen der Elektroden unter hoher thermischer Belastung der Umgebung zu beobachten war. Zu große Abstände führten zum Abbrand beider Elektroden, auch hier wurde die Umgebung thermisch stark belastet.

Basierend auf den Ergebnissen der Vorversuche im Rahmen der Masterarbeit [1] wurde eine Kooperation mit einem regional und international etablierten Hersteller von Prüfständen eingegangen, um ein mobiles Prüfgerät zur widerkehrenden Messung und schlussendlich Prüfung hinsichtlich der Schutzmaßnahmen zum Schutz vor elektrischem Schlag zu entwickeln. Im Zuge der dafür notwendigen Forschungstätigkeiten sollen dann weitere Gleichstromladestationen unterschiedlicher Hersteller den genannten Fehlersimulationen unterzogen werden und die Versuche hinsichtlich DC-Störlichtbögen weiter ausgewertet und analysiert werden. Ziel ist es einen bereits bestehenden Entwurf eines Prüfprotokolls sowie geplante Prüfroutinen zu präzisieren sowie die Erkenntnisse aus den unterschiedlichsten Simulationen, Messungen und Versuchen in die Entwicklung des Prüfgerätes miteinfließen zu lassen.

Dieses Kooperationsprojekt wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unterstützt. [7]

Literatur

- [1] Herbst, D., „DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge – Ein Beitrag zur Entwicklung einer Prüfmethode und Prüfeinrichtung zur Erst- und wiederkehrenden Prüfung von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge“, Masterarbeit, Technische Universität Graz – Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Graz, 2018
- [2] DIN-VDE-V-0122-2-300:2016-04, „Spezifikation zur Konformitätsprüfung zu IEC 61851-23, Anhang CC“, ENTWURF, DKE in DIN und VDE, Berlin/Frankfurt am Main, Apr. 2016
- [3] Herbst, D. et al., „Verification of protective measures for safety of DC charging stations for electric vehicles“, CIRED 2019, Madrid/Spanien, 2019, eingereicht.
- [4] IEC 61851-1:2017-02, „Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements“, IEC – International Electrotechnical Commission, Genua/Schweiz, Feb. 2017.
- [5] ÖVE/ÖNORM EN 61851-23:2014-12-01, „Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 23: Gleichstromladestationen für Elektrofahrzeuge“, ÖVE/Austrian Standards Institute, Wien, Dez. 2014.

- [6] Herbst, D. et al., „Methods for the verification of protective measures for safety of DC charging stations for electric vehicles“, ICREPQ'19, Teneriffa/Spanien, 2019, eingereicht.
- [7] Kristl, Seibt & Co. Ges.m.b.H., "FFG-Basisprogramm Projektbeschreibung zu 'Mobiles und stationäres Prüfgerät für DC-Schnellladesäulen', Projektnummer. 868294", Graz, 2018.



Daniel Herbst, geboren 1988 in Wien, studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Energietechnik an der Technischen Universität Graz. Er war fünf Jahre im Team eines Elektroingenieurbüros in der Obersteiermark in den Bereichen Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung tätig. Im Rahmen seiner aktuellen Tätigkeit am Institut für Elektrische Anlagen und Netze der Technischen Universität Graz beschäftigt er sich mit den Themen elektrische Sicherheit sowie Erdungssysteme von DC-Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Messtechnik in elektrischen Energiesystemen und Schutzkonzepten im Bereich der Niederspannung.



Martin Fürnschuß, geboren 1990 in Deutschlandsberg studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Energietechnik an der Technischen Universität Graz. Im Rahmen seiner aktuellen Tätigkeit am Institut für Elektrische Anlagen und Netze der Technischen Universität Graz beschäftigt er sich mit den Themen Elektromagnetische Felder sowie Elektromagnetische Verträglichkeit, Erdungssystemen, Photovoltaik und mit der elektrischen Sicherheit von DC-Ladestationen.



Prof. Schürhuber promovierte 2003 in Elektrotechnik an der Technischen Universität Wien. Von 2003 bis 2017 arbeitete er in verschiedenen Bereichen der elektrischen Energietechnik für die Firmen Siemens und Andritz Hydro, weiters war er als Lektor im Bereich der elektrischen Energietechnik an der Technischen Universität Wien tätig. Seit Oktober 2017 leitet er das Institut für Elektrische Anlagen und Netze an der Technischen Universität Graz.



Christian Auer, geboren 1982, studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Graz. Während seines Studiums arbeitete er am Hochspannungsinstitut selbiger Universität. Seit 2012 ist er bei Kristl, Seibt & CO GmbH als Projektingenieur für Kfz-Prüfstände tätig. Aktuelle Aufgaben liegen in den Bereichen elektromagnetische Verträglichkeit, Batteriesimulatoren, Automatisierung sowie in der Entwicklung eines Prüfgeräts für Gleichstromladestationen für Elektrofahrzeuge.



Ernst Schmutzner, Senior Scientist am Institut für Elektrische Anlagen und Netze der Technischen Universität Graz. Berufliche Tätigkeiten: Niederfrequente induktive, ohmsche und kapazitive Beeinflussung, Erdungs- und Potentialausgleichssysteme, Schutzmaßnahmen, niederfrequente elektromagnetische Felder, Elektromobilität, effiziente Nutzung elektrischer Energie, Lastmanagement, intelligente Gebäude, intelligente NS/MS-Netze.